

Вестник ТвГУ. Серия: Химия. 2017. № 3. С. 23–28

УДК 544.08

## АНАЛИЗ СПЕЛОСТИ, КИСЛОТНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ В НИХ НИТРАТ-ИОНОВ

Н. И. Лукьянова<sup>1</sup>, Е.М. Гюльханданьян<sup>2</sup>, Е. С. Логинова<sup>1</sup>,  
А. И. Бреслер<sup>3</sup>, В. М. Никольский<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Тверской государственный университет, г. Тверь

<sup>2</sup>Тверской казачий технологический институт, г. Тверь

<sup>3</sup>Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, г. Москва

Качественные продукты питания в настоящее время являются одним из важнейших факторов для здоровья человека. Поэтому мы предлагаем бережный контроль электрофизических параметров и содержания ионов в пищевых продуктах. Для этого нами создана индикаторная бумага экспресс-анализа содержания нитратов и универсальный электролитический ключ для измерения кислотности, содержания нитратов и спелости плодов, ягод и овощей без нарушения их целостности.

**Ключевые слова:** индикаторная бумага, электролитический ключ, нитраты, кислотность, спелость, плоды, овощи, ягоды.

Современная наука о питании рассматривает овощи и плоды как жизненно необходимые продукты, поскольку они являются основным источником многих витаминов, минеральных солей, органических кислот, ароматических веществ и легко усвояемых углеводов.

Многие вещества, содержащиеся в плодах и овощах, могут не иметь в пищевом отношении значения, но определяют такие важные свойства, как устойчивость к болезням, преждевременному прорастанию и созреванию. Химический состав плодов и овощей зависит от многих факторов: условий выращивания, агротехники, климатических условий, зоны выращивания и т.д.

Плоды и овощи содержат органические кислоты и их кислые и основные соли. Общая кислотность большинства видов растительного сырья не превышает 1%, но у некоторых сортов абрикосов, вишен, кизила и алычи доходит до 2,5%, а у черной смородины — до 3,5%. В плодах и овощах наиболее распространены яблочная, лимонная и винная кислоты. Встречаются в небольшом количестве также щавелевая, янтарная, бензойная, салициловая и некоторые другие кислоты.

Нитрат-ионы, содержащиеся в пищевых продуктах, в организме человека восстанавливаются до нитрит-ионов, которые оказывают токсическое воздействие на печень, а синтезирующиеся из них нитрозоамины обладают канцерогенным действием.

Определение спелости, содержания кислотности и нитратов на сегодняшний день крайне важная задача. Качественные продукты питания в настоящее время являются одним из важнейших факторов для здоровья человека. Поэтому мы предлагаем бережный контроль электрофизических параметров и содержания ионов (например, нитрат-ионов) в пищевой промышленности.

Для решения поставленной задачи нами создана индикаторная бумага экспресс-анализа содержания нитратов [1], на базе которой осуществляется оперативный экспресс-контроль нитратов и нитритов, например, в растворах продуктов растениеводства (соках, напитках). Кроме того, для измерения кислотности, содержания нитратов и спелости плодов, ягод и овощей был изобретен универсальный электролитический ключ, состоящий из двух одноразовых стерильных шприцов со стандартными электродами, заполненных насыщенным раствором хлорида калия и соединенных с иглами, втыкаемыми в исследуемые объекты [2]. Данное изобретение обеспечивает измерение электросопротивления, кислотности, содержания ионов в ягодах, плодах и овощах без нарушения их целостности.

С помощью изобретенных приборов (индикаторной бумаги и электролитического ключа) нами было определено содержание нитрат-ионов в картофеле, а также кислотность сока дыни. Кроме того, с помощью электролитического ключа была определена спелость арбузов сортов «Астраханский» и «Казахстанский».

### Экспериментальная часть

Индикаторная бумага экспресс-анализа нитратов состоит из первого слоя, содержащего N-(карбоксиметил)аспарагиновую кислоту (КМАК); второго слоя, содержащего цинк; третьего слоя, содержащего реагенты для реакции Грисса (где используется гидрохлорид диметил-1-нафтиламина вместо 1-нафтиламина), сульфаниловую кислоту и полимерную подложку – державку с круглым отверстием.

На первый слой индикаторной бумаги наносится капля анализируемого раствора, при этом КМАК подкисляет реакционную среду, а нитрит-ионы, в случае их присутствия, вступают в реакцию нитрозирования с фрагментом вторичного амина КМАК, благодаря чему устраняется их влияние.

Во втором слое нитрат-ионы в кислой среде восстанавливаются до нитрит-ионов, которые в индикаторном слое осуществляют диазотирование амина, вступающего в реакцию сочетания с азосоставляющей. Цветная реакция, обусловленная образованием азокрасителя, наблюдается в круглом отверстии на обратной стороне полимерной подложки-державки.

Электролитический ключ определяет электрофизические параметры и содержание нитратов в ягодах, плодах и овощах, обеспечивая целостность испытуемого продукта и независимость от индивидуальности проверяющего.

Для измерения электросопротивления, которое может свидетельствовать о зрелости ягод, плодов и овощей, в исследуемый объект втыкаются два разовых стерильных шприца, в которых иглы и шприцы заполнены насыщенным раствором хлорида калия, а вместо поршней шприцов свободно вставляются электроды, которые подключены к кулонометру, фиксирующему электросопротивление ягод, плодов и овощей.

Для определения кислотности (рН) исследуемого объекта или содержания в нем интересующих ионов (например, нитрат-ионов) в ягоды, плоды или овощи втыкаются также два разовых стерильных шприца, в которых игла и шприц заполнены насыщенным раствором хлорида калия, а вместо поршней шприцов свободно вставляются стандартные измерительный электрод (в один из шприцов) и электрод сравнения (во второй шприц). Электроды подключаются к иономеру, фиксирующему кислотность исследуемого объекта (при использовании измерительного стеклянного электрода) или содержание измеряемых ионов (при использовании ионселективных электродов) [3].

При определении содержания нитрат-ионов в овощах измерительный ионселективный электрод ЭМК-02 помещается внутрь одного шприца, а хлорсеребряный электрод сравнения помещается внутрь другого шприца, и измеряется концентрация ионов  $\text{NO}_3^-$  с помощью иономера.

### Результаты и их обсуждение

Индикаторная бумага для определения нитратов и нитритов рекомендуется для экспрессного определения содержания нитратов и нитритов в продуктах растениеводства, воде, пищевых продуктах, сточных водах различных предприятий.

Известные в литературе и применяемые в настоящее время составы для пропитки индикаторной бумаги обычно содержат канцерогенный реагент 1-нафтиламин [4–7].

Нами создан состав для индикаторной бумаги, который не содержит канцерогенных реагентов [1]. Индикаторная бумага изготавливается двух видов: для определения суммарного содержания нитратов и нитритов и для определения содержания нитритов. Диапазон определяемых концентраций по нитратам составляет 20–1000 мг/дм<sup>3</sup> (мг/кг), по нитритах – 2,5–800 мг/дм<sup>3</sup> (мг/кг). Срок хранения бумаги в плотно закрытой таре и тёмном месте более двух лет.

С помощью индикаторной бумаги в картофеле найдено содержание ионов  $\text{NO}_3^-$  110 мг/кг, а с использованием электролитического ключа – 115 мг/кг, что ниже ПДК = 250 мг/кг [8]. Хорошая сходимость результатов подтверждает надежность измерений с помощью изобретенных нами приборов.

Способ определения электрофизических параметров и содержания ионов в ягодах, плодах и овощах, включающий их измерение на регистрирующем приборе, отличается тем, что исключается необходимость конструирования и изготовления специальных электродов, и используются широко распространенные стерильные одноразовые шприцы и стандартные электроды для потенциометрии и кулонометрии. Кроме того, по предлагаемому способу контакт электродов с содержимым ягод, плодов и овощей обеспечивается через тонкую иглу (диаметром, например, 0,4 мм), не нарушающую целостность исследуемых объектов, а значит, исключается попадание внутрь ягод, плодов и овощей загрязнений, микробов и воздуха, инициирующего окислительные процессы.

Неразрушающим методом контроля с применением созданного электролитического ключа была определена кислотность сока дыни, которая составила  $\text{pH}=6,3$ .

Также была определена спелость арбузов с помощью нашего изобретения, которое не нарушило целостность плода. Результаты исследований представлены в таблице.

Кулонометрическое измерение электросопротивления астраханского и казахстанского арбузов для определения их спелости

Сорт арбуза	Электросопротивление, кОм		К/М	Вывод
	Мякоть (М)	Корковая часть (К)		
Астраханский	90,8	54,2	0,597	Спелый
Астраханский	61,5	57,6	0,937	Не зрелый
Казахстанский	95,9	57,4	0,598	Спелый
Казахстанский	62,3	55,1	0,884	Не зрелый

Как следует из таблицы, в спелом арбузе электросопротивление мякоти на 30% выше электросопротивления корковой части, тогда как мякоть незрелого арбуза обладает электросопротивлением, сравнимым с электросопротивлением корковой части.

### Список литературы

1. Патент на полезную модель РФ № 169694, опубл. 28.03.2017, «Индикаторная бумага для анализов нитратов» / Варламова А. А., Гюльханданьян Е.М., Никольский В.М., Гридчин С. Н.
2. Патент на полезную модель РФ № 163512, опубл. 20.07.2016, «Электролитический ключ» / Веселова К. А., Никольский В.М., Логинова Е.С., Лукьянова Н.И.
3. Патент на изобретение РФ № 2610207, опубл. 08.02.2017, «Способ определения электрофизических параметров и содержания ионов в ягодах, плодах и овощах» / Веселова К. А., Никольский В.М., Логинова Е.С., Лукьянова Н.И., Сапрунова Т. В.
4. Гюльханданьян Е.М., Никольский В.М., Логинова Е.С., Гусева Д.А. Качественная и количественная оценка содержания нитрат- и нитрит-ионов в продуктах растениеводства, воде и пищевых продуктах //Вестник ТвГУ. Серия: Химия. 2015. № 2. С. 125 – 129
5. Патент на полезную модель РФ № 162596, опубл. 28.04.2016, «Индикаторная бумага экспресс-анализа содержания нитратов» / Гусева Д. А., Логинова Е. С., Никольский В. М.
6. Авторское свидетельство СССР № 1714502, опубл. 23.02.1992, «Индикаторная бумага для определения нитратов в плодоовощной продукции, кормах и воде» / Фадеев В. М., Щеглов В. Н.
7. Патент на изобретение РФ № 2009486, опубл. 15.03.1994, «Реактивная индикаторная полоса для определения нитрат-ионов «Рип-нитрат-тест»» / Островская В. М.
8. Постановление Главного санитарного врача РФ №36 от 14.11.2001 г.

### ANALYSIS OF FERTILITY, ACIDITY OF FOODSTUFFS AND CONTROL OF THE CONTENT OF NITRATE IONS IN THEM

**N. I. Lukyanova<sup>1</sup>, E.M. Gyulhandanyan<sup>2</sup>, E. S. Loginova<sup>1</sup>, A. I. Bresler<sup>3</sup>, V.M. Nikolskiy<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Tver state university

*Department of Inorganic and Analytical Chemistry*

<sup>2</sup>Tver Cossack Institute of Technology

*Department of Chemistry, Metrology and Standardization*

<sup>3</sup>Russian Chemical and Technological University. D.I. Mendeleyev

*Faculty of technology of inorganic substances and high-temperature materials*

Quality food products are currently one of the most important factors for human health. Therefore, we offer careful monitoring of electrophysical parameters and ion content in food products. To do this, we created a test paper for express analysis of nitrate content and a universal electrolytic key for measuring acidity, nitrate content and ripeness of fruits, berries and vegetables without compromising their integrity.

**Keywords:** *indicator paper, electrolytic key, nitrates, acidity, ripeness, fruits, vegetables, berries.*

*Об авторах:*

ЛУКЪЯНОВА Наталья Ивановна – аспирант 3 года обучения, кафедра неорганической и аналитической химии Тверского государственного университета, e-mail: small\_light69@mail.ru

ГЮЛЬХАНДАНЬЯН Елена Михайловна – кандидат технических наук, доцент кафедры химии, метрологии и стандартизации Тверского казачего технологического института, e-mail: elena-guyl@yandex.ru.

ЛОГИНОВА Евгения Сергеевна – аспирант 3 года обучения, кафедра неорганической и аналитической химии Тверского государственного университета, e-mail: jeniater@inbox.ru

БРЕСЛЕР Анна Игоревна – студентка 3 курса, факультет технологии неорганических веществ и высокотемпературных материалов Российского химико-технологического университета им. Д. И. Менделеева, e-mail: p000797@tversu.ru

НИКОЛЬСКИЙ Виктор Михайлович – профессор, доктор химических наук, профессор кафедры неорганической и аналитической химии ТвГУ, e-mail: p000797@tversu.ru